

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

**PROSPECCIÓN DE FITONEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE ÑAME
(*Dioscorea* spp.) EN PANAMÁ**

DIÓGENES MORA SÁENZ

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2018

HOJA DE APROBACIÓN

JUAN MIGUEL OSORIO Ph.D

_____DIRECTOR

JOSÉ ÁNGEL HERRERA Ph.D

_____ASESOR

JUAN ANTONIO BERNAL V. M.Sc

_____ASESOR

DEDICATORIA

A mi hija y esposa,

Liana A. Mora y Darinel J. Pinto

Por ser la motivación en mi vida encaminada al éxito, su presencia es el motor de mi vida para poder alcanzar esta merecida victoria en la vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito.

A mis padres,

Severiano Mora y Juliana Sáenz

Por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos,

Arelis Y. Mora, Elidía A. Mora, Dioselina E. Mora, Elsa E. Mora, Elías A. Mora,

Maximiliano Mora y Juliana A. Mora.

Por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante estos años de estudio e investigación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida y mantenerme con salud, por guiarme y darme la fortaleza para realizar este trabajo de investigación científica.

A los productores de Ñame de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién, por permitirme la entrada y poner sus fincas a disposición para la recolecta de las muestras.

Al Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), por brindarme sus instalaciones, equipos, materiales y reactivos para la realización de esta investigación.

A la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SENACYT) que, a través del Sistema Nacional de Investigación (SNI), apporto económicamente para la realización de esta investigación.

A mis asesores de tesis los doctores Juan Miguel Osorio, José Ángel Herrera y MSc. Juan Antonio Bernal por los valiosos consejos en el área de la nematología y por la revisión de mi tesis.

A todos los profesores(as) que dedicaron su tiempo para compartir sus conocimientos y experiencias en las diferentes asignaturas que curse en la maestría.

A los compañeros(as) de clase que día a día trabajamos en grupos con el fin de llegar a la meta propuesta.

A mis compañeros(as) de trabajo y extensionistas por sus aportes y colaboración para la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| ÍNDICE DE CUADROS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMEN..... | 1 |
| SUMMARY..... | 2 |
| I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES..... | 3 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 6 |
| II.A. Nematodos fitoparásitos asociados al género <i>Dioscorea</i> | 6 |
| II.B. Diagnóstico de nematodos fitoparásitos en ñame..... | 7 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 9 |
| III.A. Ubicación de la investigación..... | 9 |
| III.B. Muestreo en campo y centros de acopios..... | 9 |
| III.C. Método de extracción de fitonematodos en laboratorio..... | 11 |
| III.D. Identificación de fitonematodos con claves taxonómicas..... | 13 |
| IV. RESULTADOS..... | 17 |
| IV.A. Sintomatología..... | 17 |
| IV.B. Cuantificación de nematodos en suelo..... | 20 |
| IV.C. Cuantificación de nematodos en tubérculos..... | 22 |
| IV.D. Análisis morfológico..... | 26 |
| IV.E. Análisis morfométrico..... | 30 |
| V. DISCUSIÓN..... | 37 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 45 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 46 |
| VIII. LITERATURA CITADA..... | 47 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|---|----|
| Cuadro 1. | Descripción de los caracteres morfológicos tomados en cuenta para la morfometría de los géneros <i>Pratylenchus</i> y <i>Scutellonema</i> | 15 |
| Cuadro 2. | Ocurrencia y frecuencia relativa de fitonematodos asociados a suelos en cultivos de ñame (<i>Dioscorea</i> spp.) y ñampí (<i>D. trifida</i>), procedentes de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién..... | 21 |
| Cuadro 3. | Ocurrencia y frecuencia relativa de fitonematodos asociados a tubérculos de ñame (<i>Dioscorea</i> spp.) y ñampí (<i>D. trifida</i>), procedentes de las provincias Herrera, Chiriquí y Darién..... | 22 |
| Cuadro 4. | Densidad poblacional de fitonematodos del género <i>Scutellonema</i> en diferentes variedades de ñame, ñampí y asociaciones, procedentes de la provincia de Herrera..... | 23 |
| Cuadro 5. | Densidad poblacional de fitonematodos del género <i>Pratylenchus</i> y <i>Scutellonema</i> en diferentes variedades de ñame, ñampí y asociaciones, en la provincia de Chiriquí..... | 24 |
| Cuadro 6. | Densidad poblacional de fitonematodos del género <i>Pratylenchus</i> y <i>Scutellonema</i> en diferentes variedades de ñame, ñampí y asociaciones, en la provincia de Darién..... | 25 |
| Cuadro 7. | Caracteres morfométricos de tres poblaciones de <i>S. bradys</i> hembras, procedentes de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién..... | 31 |
| Cuadro 8. | Caracteres morfométricos de tres poblaciones de <i>S. bradys</i> machos, procedentes de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién..... | 33 |
| Cuadro 9. | Caracteres morfométricos de dos poblaciones de <i>P. coffeae</i> hembras, procedentes de las provincias de Chiriquí y Darién..... | 35 |
| Cuadro 10. | Caracteres morfométricos de dos poblaciones de <i>P. coffeae</i> machos, procedentes de las provincias de Chiriquí y Darién..... | 36 |
| Cuadro 11. | Comparación de caracteres morfométricos de tres poblaciones de <i>S. bradys</i> hembras de Panamá, con los descritos por Steiner y LeHew (1933) y Andrassy (1958) | 41 |

| | | |
|------------|---|----|
| Cuadro 12. | Comparación de caracteres morfométricos de tres poblaciones de <i>S. bradys</i> machos de Panamá, con los descritos por Steiner & LeHew (1933) y Andrásy (1958) | 42 |
| Cuadro 13. | Comparación de caracteres morfométricos de dos poblaciones de <i>P. coffeae</i> hembras de Panamá, con los descritos por Zimmerman (1898) y Filipjev y Schuurmans Stekhoven (1941)..... | 43 |
| Cuadro 14. | Comparación de caracteres morfométricos de dos poblaciones de <i>P. coffeae</i> machos de Panamá, con los descritos por Sher y Allen (1953)..... | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Tubérculo con presencia de síntomas de rajadura, pudrición y necrosis, colectado en El Pedregoso, Pesé, Herrera..... | 9 |
| Figura 2. | Toma de muestras de suelo en parcelas de ñame, en Río Sereno, Renacimiento, Chiriquí..... | 10 |
| Figura 3. | Toma de muestras de tubérculos en un centro de acopio, en Metetí, Pinogana, Darién..... | 11 |
| Figura 4. | Extracción de fitonematodos por el método de centrifugación y flotación en azúcar. 1: Corte de la Cáscara. 2: Segmentos de los tubérculos. 3: Tamizado. 4: Centrifugación..... | 13 |
| Figura 5. | Síntomas asociados a nematodos del género <i>Pratylenchus</i> , en tubérculos de ñame variedad Diamante. 1: Rajaduras, 2: Pudrición seca, 3: Lesiones necróticas..... | 17 |
| Figura 6. | Síntomas asociados a nematodos del género <i>Scutellonema</i> en tubérculos de ñame variedad Seda. 1: Rajaduras, 2: Desprendimiento de la cáscara del tubérculo, 3: Necrosis en la corteza del tubérculo..... | 18 |
| Figura 7. | Pudrición seca y necrosis en tubérculos asociada a nematodos del género <i>Scutellonema</i> | 18 |
| Figura 8. | Necrosis en tubérculos asociada a la infección mixta de nematodos de los géneros <i>Scutellonema</i> y <i>Pratylenchus</i> | 19 |
| Figura 9. | Tubérculos de ñame variedad Diamante asintomáticos y con síntomas de rajadura, pudrición y necrosis..... | 19 |
| Figura 10. | Morfología de <i>Scutellonema</i> spp. 1: Espécimen hembra completo, 2: Cabeza separada del cuerpo y estilete robusto con nódulos redondeados, 3: Glándula esofágica con proyección dorsal..... | 27 |
| Figura 11. | Machos y hembras de <i>Scutellonema</i> spp. 1: Glándulas vaginales, 2: Vulva entre el 56-57 %, 3: Terminación de la cola del macho, bursa y espícula, 4: Terminación de la cola de la hembra, escutelo e incisuras. | 28 |
| Figura 12. | Hembra de <i>Pratylenchus</i> spp. 1: Espécimen de tamaño inferior a un mm, 2: Cabeza aplanada, estilete y anillos labiales, 3: Cabeza esclerotizada, nódulos redondeados, bulbo medio y glándula esofágica..... | 29 |
| Figura 13. | Hembra y macho de <i>Pratylenchus</i> spp. 1: Vulva, espermateca y saco post uterino, 2: Cola cónica, espícula y bursa..... | 30 |

RESUMEN

En esta investigación se determinó la nematofauna asociada a ocho variedades comestibles de *Dioscorea*, en tres provincias de Panamá. Además, se identificaron por medio de técnicas morfológicas y morfométricas las especies más importantes de los géneros *Scutellonema* y *Pratylenchus* extraídas de tubérculos de ñame.

En tubérculos de la familia Dioscoreaceae se determinaron dos géneros de fitonematodos, *Pratylenchus* y *Scutellonema*, mientras que en suelo colectado en los campos de producción se cuantificaron 11 géneros de fitonematodos, siendo los de mayor frecuencia y distribución *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema*, *Tylenchus* y *Xiphinema*.

Los síntomas en tubérculos asociados a *Pratylenchus* y *Scutellonema* fueron similares y se caracterizaron por la presencia de rajaduras, pudrición de la cáscara del tubérculo que avanza hacia la corteza, desprendimiento de la cáscara del tubérculo y lesiones necróticas en la corteza. A nivel mundial, estos síntomas son conocidos como pudrición seca del ñame.

Basado en caracteres morfológicos y morfométricos, se identificó por primera vez las especies *Scutellonema bradys* y *Pratylenchus coffeae* asociados al cultivo de ñame en Panamá. La presencia de *S. bradys* se determinó en las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién, mientras que la presencia de *P. coffeae* se determinó en las provincias de Chiriquí y Darién.

SUMMARY

In this research, the nematode fauna associated with eight edible varieties of *Dioscorea* was determined in three provinces of Panama. In addition, the most important species of the genera *Scutellonema* and *Pratylenchus* extracted from yam tubers were identified by means of morphological and morphometric techniques.

In tubers of the Dioscoreaceae family, two genera of plant parasitic nematodes, *Pratylenchus* and *Scutellonema*, were determined; while in collected soil in the production fields 11 genera of plant parasitic nematodes were quantified, being the most frequent and distributed *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema*, *Tylenchus* and *Xiphinema*.

The symptoms in tubers associated with *Pratylenchus* and *Scutellonema* were similar and were characterized by the presence of cracks, rotting of the tuber rind that advances towards the rind, detachment of the tuber rind and necrotic lesions in the rind. Worldwide, these symptoms are known as dry yam rot.

Based on morphological and morphometric characters, the *Scutellonema bradys* and *Pratylenchus coffeae* species associated with yam cultivation in Panama were identified for the first time. The presence of *S. bradys* was determined in the provinces of Herrera, Chiriquí and Darién, while the presence of *P. coffeae* was determined in the provinces of Chiriquí and Darién.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Datos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) reportan que el ñame (*Dioscorea* spp.), para el ciclo 2016-2017, abarcó una superficie sembrada de 1,468 hectáreas, por lo que fue el tubérculo más sembrado en Panamá. De la superficie cultivada de raíces y tubérculos, el 39% corresponde a ñame y ñampí. Aunque el número de productores bajo en comparación al ciclo 2015-2016, la superficie sembrada, la producción y el rendimiento por hectárea aumento para el ciclo 2016-2017. El consumo interno alcanza los 25 millones de kilogramos, por lo que se considera un rubro importante en la alimentación y en la generación de ingresos, mediante su comercialización en el mercado interno y para la exportación. Además, de ser el ingrediente principal del “sancocho de gallina”, uno de los platos típicos del país. Según las estadísticas del MIDA, el total del ñame sembrado en el ciclo 2016-2017 se vendió en el mercado interno, debido a que tiene mejor precio, pero por su rendimiento y calidad, lo presentan como un excelente producto de exportación (MIDA, 2017).

La provincia que mayor aporta en la producción de este rubro es Darién con 45 %, seguida de Herrera con un 29 % y Chiriquí con 7 %, cuya producción se ubica en mayor parte en el cordón fronterizo con Costa Rica; la mayor parte de esta producción está destinada a la exportación, cuando los precios en el mercado internacional son superiores al mercado interno (MIDA, 2016).

Se estima que en promedio más del 25% de la producción de ñame a nivel mundial se pierde anualmente debido a plagas y enfermedades (Ezeh, 1998).

Investigaciones realizadas en África han reportado fitonematodos asociados a este cultivo, siendo considerados como los principales el nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.), el nematodo del ñame (*Scutellonema bradys*), y el nematodo de las lesiones (*Pratylenchus coffeae*) (Caveness, 1992).

El nematodo agallador *Meloidogyne* spp., se ha encontrado en ñame en África (Ghana, Costa de Marfil, Nigeria), el Caribe (Jamaica, Martinica, Puerto Rico, Trinidad), el Pacífico (Fiji, Kiribati, Papua, Nueva Guinea, Samoa Occidental), Brasil, Guatemala, y Japón (Bridge *et al.*, 2005). Las especies de este género identificadas como fitoparásitas

de ñame son *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, y *M. hapla*, siendo la especie *M. incognita* la más importante según Bridge (1972), Acosta y Ayala (1975), y Bridge *et al.* (2005).

Estudios realizados reportan a *P. coffeae* como una plaga de importancia económica en el cultivo de ñame en Puerto Rico, Jamaica, Islas Salomón, Pacífico, y América Central, siendo esta la especie de fitonematodo predominante en el ñame en Jamaica (Thompson *et al.*, 1973). Según Acosta (1974) y Emehute *et al.* (1998), este fitonematodo, como fitoparásito, se concentra en la porción apical dentro de la primera profundidad de 0-6 mm, pero puede penetrar hasta 15 mm del tejido del tubérculo, causando la sintomatología conocida como pudrición seca, similar a la causada por *S. bradys*. Esta pudrición se extiende de 1-2 cm en los tejidos exteriores de tubérculos de *Dioscorea rotundata* Poir (Acosta, 1974), pero puede ocurrir a una profundidad de 5 cm en tubérculos de *Dioscorea alata* L. (Brigge y Page, 1984). Thompson *et al.* (1973) describen que, en estudios realizados en Jamaica, se comprobó que 67-100% de los tubérculos de *D. rotundata* y *D. cayenensis*, estaban infestados por *P. coffeae*. Acosta y Ayala (1976) observaron una supresión del 53% en el crecimiento de las plantas de *D. rotundata* que habían sido inoculadas con *P. coffeae* y *S. bradys* en diferentes macetas. Adicionalmente, determinaron que *P. coffeae* es el causante de la mayor parte del deterioro y pudrición seca de ñame en Puerto Rico.

En estudios realizados por Smit (1967) en Costa de Marfil, se estimó que las diferencias de pesos entre los tubérculos de ñame sanos y enfermos recogidos en campo eran del 20-30%, causados por *S. bradys*.

Investigaciones realizadas en Costa Rica en tubérculos de ñame y ñampí (*Dioscorea trifida* L), los géneros de fitonematodos más frecuentes y de mayor densidad poblacional fueron *Scutellonema*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, y *Aphelenchoides*. Además, la sintomatología en tubérculos denominada como pudrición seca se encontró asociada a los nematodos *P. coffeae* y *S. bradys*, mientras que los agallamientos se asociaron a los nematodos *M. incognita* y *M. javanica* (Humphreys-Pereira, 2010).

En Panamá, las investigaciones referentes a plagas y enfermedades en el cultivo de ñame, se han enfocado únicamente a la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum*

gloeosporioides y, a pesar de que actualmente se están utilizando variedades tolerantes a este hongo, los rendimientos y la calidad del producto resultan afectadas. En este país, en ninguna de las variedades mejoradas y criollas de ñame se ha determinado las especies de fitonematodos y otros patógenos que pudiesen estar asociados a este cultivo, distintos al hongo causante de la antracnosis. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar mediante técnicas convencionales, los fitonematodos asociados al cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.) en las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién, principales provincias productoras de este tubérculo en Panamá.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.A. Nematodos fitoparásitos asociados al género *Dioscorea*

Los fitonematodos asociados al género *Dioscorea* generan diferentes síntomas que lesionan considerablemente la parte comestible del tubérculo, deterioran su calidad y a su vez disminuyen los rendimientos del cultivo en campo y almacenamiento. Los síntomas que se pueden observar con mayor frecuencia son: amarillamiento general de las plantas en el campo, daños directos al tubérculo como agallamientos, rajaduras, desprendimiento de la cascara del tubérculo que conlleva a una pudrición seca y necrosis en los tubérculos y en el follaje de la planta (Ayala y Acosta 1971; Kermarrec y Anais, 1973; Acosta y Ayala, 1975; Adesiyan *et al.*, 1975; Bridge *et al.*, 2005).

Bridge (1972) manifiesta que en Nigeria se han encontrado 34 especies de nematodos parasíticos asociados a ñame, siendo *S. bradys* el más importante que ataca al cultivo.

El ñame se propaga a partir de tubérculos enteros o por trozos del tubérculo, que son el principal medio de difusión de fitonematodos endoparásitos; las poblaciones relativamente bajas de los nematodos en los tubérculos no producen síntomas externos de daño (Bridge, 1973), no obstante, el riesgo de diseminación es mayor. En este sentido, las semillas de tubérculos son probablemente la principal fuente de inóculo de nematodos en los campos de ñame.

El primer reporte de daños en tubérculos de ñame producidos por nematodos se dio en Jamaica con la presencia de nematodos del género *Hoplolaimus* (Steiner, 1931). Posteriormente, Steiner y LeHew (1933) describieron la especie *Hoplolaimus bradys* en tubérculos de ñame y West (1934) describió la sintomatología de la pudrición seca en tubérculos procedentes de Nigeria. Steiner y Buhrer (1934) reportaron *S. bradys* como parásito del cultivo de ñame en Puerto Rico. Finalmente, el nematodo del ñame fue reclasificado y transferido al género *Scutellonema* y se mantuvo la especie *bradys* (Andrássy 1958).

En Martinica, los estudios que se han realizado indican que la mayor tasa de multiplicación de *S. bradys* ocurre dentro del tubérculo después de haber sido cosechada, y coincide con el inicio de la latencia del tubérculo (Cadet y Quénchervé, 1994).

S. bradys ha sido identificado en países importantes en la producción de ñame, como son:

África: Benín, Burkina Faso, Camerún, Gambia, Ghana, Guinea, Malí, Kenya, Nigeria, Senegal, sudan, Tanzania y Togo (Bridge *et al.*, 1995; Baimey *et al.*, 2009; Coyne *et al.*, 2016).

Asia: India, Kerala, Corea del Sur y Pakistán (Nadakal y Thomas, 1967; Park y Khan, 2007).

Centro América y El Caribe: Barbados, Cuba, República Dominicana, Guadalupe, Guatemala, Costa Rica, Haití, Jamaica, Martinica, Puerto Rico y Trinidad y Tobago (Ayala y Acosta 1971; Humphreys-Pereira *et al.*, 2013).

Norte América: Estados Unidos (Sher, 1964) y Sur América: Brasil (Alagoas, Bahia, Paraiba, Pernambuco y Sao Paulo) y Venezuela (Lordello *et al.*, 2005; Coimbra *et al.*, 2006).

Otros fitonematodos que producen sintomatología similar a la causada por *S. bradys*, como la pudrición seca, necrosis, desprendimiento de la cascara, rajaduras, son el nematodo lesionador *P. coffeae* (Acosta, 1974; Acosta y Ayala, 1975; Bridge *et al.*, 2005) y *P. brachyurus* (Román y Sosa-Moss, 1977). Los fitonematodos del género *Meloidogyne*, ocasionan agallas o nódulos; esta sintomatología se da debido a una hipertrofia e hiperplasia de los tejidos provocados por la presencia de las hembras adultas. Entre los hospederos de *Meloidogyne* spp. se encuentran *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. composita*, *D. esculenta*, *D. floribunda*, *D. praehensilis*, *D. rotundata*, *D. sppiculiflora*, *D. trifida* y *D. opposita* (Adeniji, 1970; Atu *et al.*, 1983; Atu *et al.*, 1984; Fawole, 1988; Bridge *et al.*, 2005).

II.B. Diagnóstico de nematodos fitoparásitos en ñame

Entre las técnicas de identificación de *Meloidogyne* spp., se encuentran el citogenético, isoenzimático, hospedantes diferentes, molecular, morfológico y morfométrico. En relación al diagnóstico morfológico, el mismo se basa en la interpretación de los diseños perineales que poseen las hembras en estado adulto,

mientras que el diagnóstico morfométrico comprende medidas de diferentes partes del cuerpo, que luego son comparadas con medias obtenidas por otros investigadores (Esbenshade y Triantaphyllou, 1990).

Existen pocos trabajos realizados sobre el género *Scutellonema* asociado a ñame, siendo la técnica más utilizada para la identificación de este género la morfológica y morfométrica, mientras que los métodos moleculares han sido pocos utilizados (Germani *et al.*, 1985; Chen *et al.*, 2006; Humphreys-Pereira *et al.*, 2013).

Las características morfológicas y morfométricas más utilizadas para la descripción de las especies del género *Scutellonema* se indican a continuación:

Morfológicas: forma del estilete, región labial con anillos, esófago, bulbo medio, glándula esofágica, sobre posición de la glándula esofágica, vulva, glándulas vaginales, escutelo o fasmidio con areolaciones o incisuras, bursa, espícula y cola (Steiner y LeHew, 1933; Andrásy, 1958; Germani, *et al.*, 1985).

Morfométricas: longitud del nematodo, índice a, índice b, índice c, posición de la vulva, longitud del estilete (Steiner and LeHew, 1933; Andrásy, 1958; Germani, *et al.*, 1985).

Para la identificación de *Pratylenchus*, se han utilizados métodos como los morfológicos, morfométricos, moleculares y bioquímico (Jaumot *et al.*, 1997).

Las características morfológicas y morfométricas más comúnmente utilizadas para la diferenciación de especies de *Pratylenchus* según Hando y Golden (1989) se indican a continuación:

Morfológicas: presencia o ausencia de machos, estilete, sobre posición de la glándula esofágica, forma de la espermateca, anillos labiales, saco postvulvar y forma de la cola de la hembra.

Morfométricas: longitud del cuerpo, índice a, índice b, índice c, posición de la vulva, longitud del estilete (Zimmerman, 1898; Filipjev and Schuurmans Stekhoven, 1941; Sher y Allen, 1953).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.A. Ubicación de la investigación

En este trabajo se tomaron muestras de suelos y tubérculos en las principales zonas productoras de ñame de las provincias de Herrera, Chiriquí, y Darién. La fase de procesamiento y análisis de muestras se realizó en las instalaciones del Departamento de Coordinación de Servicios Técnicos de Detección y Diagnóstico Fitosanitario (DCSTDDF) de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal (DNSV), del MIDA, ubicado en Río Tapia, Tocumen, Panamá.

III.B. Muestreo en campo y centros de acopios

III.B.1. Provincia de Herrera

Se visitaron 16 fincas productoras de ñame localizadas en los distritos de Santa María (corregimientos de El Limón y Chupampa), Parita (corregimiento de Llano de La Cruz), Las Minas (corregimiento de Chumical), Ocú (corregimientos de Ocú y Menchaca) y Pesé (corregimiento de El Pedregoso). En cada finca se colectaron en campo una muestra de suelo (conformada por 30 sub-muestras) a una profundidad de 20 centímetros (cm), las cuales fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de aproximadamente dos kilogramos (kg), mientras que en un centro de acopio se colectó una muestra de tubérculos (conformada por 5-10 tubérculos) con presencia de síntomas de pudrición (Figura 1), haciendo un total de 32 muestras.



Figura 1. Tubérculo con presencia de síntomas de rajadura, pudrición y necrosis, colectado en El Pedregoso, Pesé, Herrera.

III.B.2. Provincia de Chiriquí

Se visitaron 12 fincas en los distritos de Renacimiento (corregimientos de Monte Lirio, Río Sereno, y Santa Clara), David (corregimientos de Cochea, San Pablo, y San Carlos), Dolega (corregimiento de Potrerillos) y Bugaba (corregimiento de Gómez). En cada finca se colectaron en campo una muestra de suelo (conformada por 30 sub-muestras) a una profundidad de 20 cm (Figura 2), las cuales fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de aproximadamente dos kg, mientras que en un centro de acopio se colectó una muestra de tubérculos (conformada por 5-10 tubérculos) con presencia de síntomas de pudrición, haciendo un total de 24 muestras.



Figura 2. Toma de muestras de suelo en parcelas de ñame, en Río Sereno, Renacimiento, Chiriquí.

III.B.3. Provincia de Darién

Se visitaron 20 fincas en los distritos de Pinogana (corregimientos de Pinogana, Yaviza, y Metetí), Chepigana (corregimiento de Santa Fé y Río Iglesias) y Cémaco (corregimiento de Cirilo Guaynora). En cada finca se colectaron en campo una muestra de suelo (conformada por 30 sub-muestras) a una profundidad de 20 cm, las cuales fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de aproximadamente dos kg, mientras que en un centro de acopio (Figura 3) se colectó una muestra de tubérculos (conformada por 5-10 tubérculos) con presencia de síntomas de pudrición, haciendo un total de 40 muestras.

Cada una de las parcelas muestreadas fue encuestada, con la finalidad de conocer el manejo fitosanitario que se le dio al cultivo previo a la cosecha. Dichas parcelas fueron georreferenciadas con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En esta investigación, se consideraron variedades de *Dioscorea* spp. (Diamante, Culebro, Baboso, Seda, y Paleta) y *Dioscorea trifida* (ñampí blanco y ñampí morado). Se utilizó el método sistemático en zig-zag para el muestreo en campo y el método dirigido para el muestreo en centro de acopio (Coyne *et al.*, 2007). En total, se colectaron 96 muestras (suelo y tubérculos) en las tres provincias incluidas en el estudio, con las cuales se llevó a cabo este trabajo.



Figura 3. Toma de muestras de tubérculos en un centro de acopio, en Metetí, Pinogana, Darién.

III.C. Método de extracción de fitonematodos en laboratorio

Método de extracción de centrifugación y flotación en azúcar. Esta técnica permite trabajar con rapidez un gran número de muestras y mayores volúmenes de cada una; además, permite recuperar con una alta eficiencia un número mayor de fitonematodos (Caveness y Jensen 1955; Hooper, 1986a).

Siguiendo la técnica mencionada, cada muestra de suelo fue homogeneizada fuertemente en una bolsa, en la cual se procesaron 200 mililitros (ml) de suelo por muestra compuesta. Posteriormente, se colocaron 200 ml de suelo en una probeta, el

volumen de la probeta se aforó con agua hasta 1000 ml y luego se vertió la suspensión en una cubeta. La probeta se volvió a llenar una vez (otros 1000 ml) y este volumen nuevamente se vació en la misma cubeta. Luego de 45 segundos (s) en reposo el contenido del balde se pasó por un juego de cribas de 60, 100, 200, 325, y 400 mesh. El material colectado fue colocado en tubos Falcon de 50 ml y se centrifugó a 3000 revoluciones por minutos (rpm) durante tres minutos (min). Se descartó el sobrenadante y se llenaron los tubos de una solución azucarada con una densidad específica de 1,18 (471 gramos (g) sacarosa / un litro (l) agua). Se volvió a centrifugar por un min a 3000 rpm y se pasó el sobrenadante por la criba de 500 mesh, donde se eliminó la solución azucarada y posteriormente la suspensión de nematodos se colocó en una placa de conteo para la cuantificación e identificación a nivel de género (Caveness y Jensen, 1955; Hooper, 1986a).

Los tubérculos recolectados en los centros de acopio fueron lavados y se realizó la observación directa en el estereoscopio para ver agallas o lesiones producidas por *Meloidogyne* spp. Luego se cortaron segmentos de la cáscara del tubérculo (parte de la corteza) hasta una profundidad de 20 milímetros (mm) (Figura 4, 1-4). Estos segmentos se colocaron en una bolsa hasta completar 500 g, seguidamente se agitaron para homogeneizar y finalmente se procesaron 100 g. Los 100 g de segmentos de la cáscara del tubérculo (parte de la corteza) se maceraron en agua en una licuadora por 20 segundos (s), luego el material se vertió en un juego de cribas de 60, 100, 200, 325, y 400 mesh. Posteriormente, se repitieron los pasos utilizados en la centrifugación de las muestras de suelos (Caveness y Jensen 1955; Hooper, 1986a).



Figura 4. Extracción de fitonematodos por el método de centrifugación y flotación en azúcar. 1: Corte de la Cáscara. 2: Segmentos de los tubérculos. 3: Tamizado. 4: Centrifugación.

III.D. Identificación de fitonematodos con claves taxonómicas

La identificación de los fitonematodos para determinar los géneros presentes en suelo y tubérculos, se realizó mediante la observación de la morfología externa e interna en un microscopio de luz con cámara adaptable (Motic-BA310). La morfología externa comprende diferentes características asociadas con el tamaño del cuerpo y una serie de estructuras cuticulares, mientras que la morfología interna comprende todos aquellos caracteres relacionados con los órganos y sistema que poseen los nematodos, los cuales permiten diferenciar a los especímenes y ubicarlos en distintas categorías taxonómicas (Franco, 2012). Los principales caracteres que se consideraron al examinar la morfología externa de los nematodos fitopatógenos incluyen las ornamentaciones cuticulares, tipos de bursa, tipos de cabeza, tipos de cola, fasmidios y forma del cuerpo (Caveness, 1974; Maggenti, 1981; Mai *et al.*, 1996), mientras que los principales caracteres que se consideraron al examinar la morfología interna de los nematodos fitopatógenos incluyen los tipos de estilete, tipos de esófago, proyección de la glándula esofágica, vulva, espícula (Caveness, 1974; Maggenti, 1981; Siddiqi, 2000).

Los géneros *Scutellonema* y *Pratylenchus* encontrados en muestras de tubérculos, fueron observados en un microscopio de luz con cámara adaptable (Motic-BA310) y se realizaron las mediciones según la fórmula sugerida por De Man (1876 y 1880), con los objetivos a 10, 20, y 40. Este procedimiento se repitió hasta completar 20 hembras y 20 machos, por cada una de las tres poblaciones de *Scutellonema* y dos poblaciones de *Pratylenchus*. Seguidamente, se compararon con los ámbitos descritos por Steiner y LeHew (1933), Andrásy (1958) y Germani *et al.* (1985), para las especies hembras y machos de *Scutellonema*, Filipjev y Schuurmans Stekhoven (1941) y Zimmerman (1898) para las especies hembras de *Pratylenchus*, y Sher y Allen (1953) para las especies machos de *Pratylenchus*.

Las proporciones básicas de los nematodos se calcularon mediante la fórmula sugerida por De Man (1876 y 1880) y Jacob y van Bezooijen (1984).

Las características morfológicas y morfométricas que se utilizaron para la identificación de la especie de *Scutellonema* fueron las siguientes:

Morfológicas: forma del estilete, región labial con anillos, esófago, bulbo medio, sobreposición de la glándula esofágica, vulva, glándulas vaginales, escutelo o fasmidio con areolaciones o cuatro incisuras, bursa, espícula y cola (Steiner y LeHew, 1933; Andrásy, 1958; Germani *et al.*, 1985).

Morfométricas: longitud del nematodo, índice a, índice b, índice c, posición de la vulva, longitud del estilete (Steiner y LeHew, 1933; Andrásy, 1958; Germani, *et al.*, 1985).

Las características morfológicas y morfométricas que se utilizaron para la identificación de la especie de *Pratylenchus* fueron las siguientes:

Morfológicas: presencia o ausencia de machos, estilete, sobreposición de la glándula esofágica, forma de la espermateca, anillos labiales, saco postvulvar y forma de la cola de la hembra (Hando and Golden, 1989).

Morfométricas: longitud del cuerpo, índice a, índice b, índice c, posición de la vulva, longitud del estilete (Zimmerman, 1898; Filipjev y Schuurmans Stekhoven, 1941) para las especies hembras de *Pratylenchus*, y Sher y Allen (1953) para las especies machos de *Pratylenchus*.

A las medidas de los caracteres de las diferentes poblaciones, basadas en 20 hembras y 20 machos de los géneros de *Scutellonema* y *Pratylenchus*, se les aplicó un análisis estadístico descriptivo que incluyó el promedio, el valor mínimo y máximo.

Cuadro 1. Descripción de los caracteres morfológicos tomados en cuenta para la morfometría de los géneros *Pratylenchus* y *Scutellonema*.

| Carácter | Descripción |
|--------------------------|---|
| L | longitud total del nematodo |
| a | Relación \underline{a} : L / ancho máximo del cuerpo |
| b | Relación \underline{b} : L/longitud del esófago, desde los labios hasta la válvula esofágica-intestinal (cardia) |
| c | Relación \underline{c} : L/longitud de la cola (desde el ano hasta el terminus) |
| c' | Relación $\underline{c'}$: Longitud de la cola/Ancho del cuerpo a nivel del ano (juveniles y hembras), o a nivel de la cloaca (machos) |
| Posición de la vulva (%) | Distancia desde los labios hasta la vulva x 100/L |
| Estilete | Longitud del estilete |
| Espícula | Longitud de las espículas |

Para la identificación taxonómica de fitonematodos se utilizarán las siguientes claves:

- A Key and Diagnostic Compendium to the Species of the Genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion Nematodes). Hando, A. Z y Golden, M. A. *Journal of Nematology* 1989, 21(2), 202-218.
- A Taxonomic Review of the Genera of the Aphelenchoidea (Fuchs, 1937) Thorne, 1949 (Nematoda: Tylenchida). Nickle, R. W. *Journal of Nematology* 1970, 2(4), 375-392.
- *Clave de Nematodos del Orden Tylenchida Subordenes Tylenchina y Aphelenchina*. Del Prado, I.C.V. 1995. Programa de Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillo-México.
- *Fitonematología – Manual de Laboratorio*. Zuckerman, B.M., Mai, W.F. y Harrison, M.B. 1985. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica (CATIE).
- *Plant – Parasitic Nematodes a Pictorial Key to Genera*. Mai, F. W.; Mullin. G. P.; Lyon, H.H.W.; Loeffler, K. 1996. Cornell University Press / Ithaca and London. USA.
- Review of the Genus *Ditylenchus* Filipjev, 1936 (Nematoda: Anguinidae). Brzeski, W.M. 1991. *Revue Nématologie* 14(1), 9-59.
- Revision of the Genus *Scutellonema* Andrassy, 1958 (Nematoda: Tylenchida). Germani, G., Baldwin J.G., Bell A.H. y Wu X.Y. 1985. *Revue Nématologie* 8(4), 289-320.
- *Tabla de Características Morfológicas para Identificar Nematodos Fitoparásitos*. Del Prado, I.C.V. y Manzanilla, R.H.L. 1991. Colegio de Postgraduados.

IV. RESULTADOS

IV.A. Sintomatología

Los síntomas observados en las diferentes variedades de ñame fueron correspondientes a los asociados a los géneros de *Scutellonema* y *Pratylenchus*.

IV.A.1. *Pratylenchus*

Los síntomas asociados a *Pratylenchus* spp., en tubérculos de diferentes variedades de ñame, se caracterizó por la presencia de rajaduras, pudrición de la cáscara del tubérculo que avanza hacia la corteza y lesiones necróticas en la corteza (Figura 5, 1-3). Estas lesiones inician con una coloración amarillenta que luego se torna de un color café oscuro, con un aspecto de pudrición seca y avanzan hacia el interior de la corteza del tubérculo.



Figura 5. Síntomas asociados a nematodos del género *Pratylenchus*, en tubérculos de ñame variedad Diamante. 1: Rajaduras. 2: Pudrición seca. 3: Lesiones necróticas.

IV.A.2. *Scutellonema*

Los síntomas asociados al género *Scutellonema*, en tubérculos de diferentes variedades de ñame, se caracterizó por las rajaduras y desprendimiento de la cáscara del tubérculo y por las lesiones necróticas (Figura 6, 1-3) que iniciaban con una coloración amarillenta y luego se tornaban de un color café oscuro, con un aspecto de pudrición seca. En la mayoría de los tubérculos analizados las lesiones presentaron un avance de 20 mm de profundidad (Figura 7).

Los síntomas en la variedad de ñampí morado asociados a la infección mixta de los géneros *Scutellonema* y *Pratylenchus*, fueron similares a los síntomas asociados al género *Pratylenchus* (Figura 8).

Las características externas e internas de un ñame sin nematodos y otro con presencia de *Scutellonema* o *Pratylenchus*, con poblaciones arriba de cinco mil especímenes por 100 gramos de tubérculos se indican en la Figura 9.



Figura 6. Síntomas asociados a nematodos del género *Scutellonema*, en tubérculos de ñame variedad Seda. 1: Rajaduras. 2: Desprendimiento de la cáscara del tubérculo. 3: Necrosis en la corteza del tubérculo.



Figura 7. Pudrición seca y necrosis en tubérculos asociadas a nematodos del género *Scutellonema*.



Figura 8. Necrosis en tubérculos asociadas a la infección mixta de los géneros *Scutellonema* y *Pratylenchus*.



Figura 9. Tubérculos de ñame diamante asintomáticos y con síntomas de rajadura, pudrición y necrosis.

IV.B. Cuantificación de nematodos en suelo

En las muestras de suelos procedentes de la provincia de Herrera se determinaron 7 géneros de nematodos, siendo el género *Xiphinema* el que mayor frecuencia relativa (FR) presentó con 62.5%, seguido por *Aphelenchus* (56.3%) y *Helicotylenchus* (50.0%), *Tylenchus* (43.8%) y *Scutellonema* (31.3%), y *Ditylenchus* y *Pratylenchus* con la menor FR con 6.3% (Cuadro 2).

En la provincia de Chiriquí se determinaron 10 géneros de nematodos, siendo *Scutellonema* el que mayor FR presentó con un 83.3%, seguido por *Xiphinema* (50%), *Aphelenchoides* (41.7%), *Helicotylenchus* (41.7%), *Ditylenchus* (33.3%), *Aphelenchus* (16.7%), *Tylenchus* (16.7%), *Criconema* (8.3%), *Pratylenchus* (8.3%), y *Rotylenchus* (8.3%).

En el caso de la provincia de Darién, se determinaron 10 géneros de nematodos, mostrando la mayor FR el género *Aphelenchus* con 90%, seguido de *Helicotylenchus* (65%), *Xiphinema* (60%), *Aphelenchoides* (40%), *Tylenchus* (30%), *Scutellonema* (20%), *Criconema* (5%), *Ditylenchus* (5%), *Hoplolaimus* (5), y *Pratylenchus* (5%).

En todas las muestras colectadas en la provincia de Herrera, se determinó solo el género de fitonematodos *Scutellonema* (Cuadro 4), asociado a las diferentes variedades de ñame. La variedad Diamante, presentó la densidad poblacional más alta con un total de 160,000 nematodos por 100 gramos de tubérculos, mientras que en la variedad Monje, la densidad poblacional fue de 49,600 nematodos por 100 g de tubérculos. En relación al sistema de asociación de las variedades Diamante y Baboso la densidad poblacional fue de 32,200 nematodos por 100 g de tubérculos, mientras que la variedad Culebro y ñampí Blanco presentaron una densidad poblacional de 14,200 y 11,720 nematodos por 100 g de tubérculos, respectivamente.

Cuadro 4. Densidad poblacional de fitonematodos del género *Scutellonema* en diferentes variedades de ñame, ñampí y asociaciones, procedentes de la provincia de Herrera.

| Variedad | Patógenos | Densidad poblacional |
|-------------------|--------------------------|----------------------|
| Diamante | <i>Scutellonema</i> spp. | 160,000 |
| Monje | <i>Scutellonema</i> spp. | 49,600 |
| Diamante y Baboso | <i>Scutellonema</i> spp. | 32,200 |
| Culebro | <i>Scutellonema</i> spp. | 14,200 |
| Ñampi Blanco | <i>Scutellonema</i> spp. | 11,720 |

En la provincia de Chiriquí, se determinaron dos géneros de los fitonematodos, *Scutellonema* y *Pratylenchus* (Cuadro 5), asociados a diferentes variedades de tubérculos de ñame. La variedad de ñampí Blanco, presentó la densidad poblacional más alta con 168,520 nematodos del género *Pratylenchus* por 100 g de tubérculos. En relación a los sistemas de asociación de las variedades Diamante y Seda la densidad poblacional más alta del género *scutellonema* fue de 145,000 nematodos por 100 g de tubérculos, mientras que la variedad Seda presentó una densidad poblacional de 130,440 nematodos del género *Scutellonema* por 100 g de tubérculos. Además, se presentó una infección mixta de *Pratylenchus* y *Scutellonema*, en los sistemas de asociación de las variedades de

ñampi Blanco y Morado, siendo la densidad poblacional de nematodos del género *Pratylenchus* de 46,640 y la del género *Scutellonema* de 14,040 nematodos por 100 g de tubérculos. En el caso de la variedad Baboso, la misma presentó una densidad poblacional de 44,800 nematodos del género *Pratylenchus* y la del género *Scutellonema* fue de 9,000 nematodos por 100 g de tubérculos.

Cuadro 5. Densidad poblacional de fitonematodos del género *Pratylenchus* y *Scutellonema* en diferentes variedades de ñame, ñampí y asociaciones, en la provincia de Chiriquí.

| Variedad | Patógenos | Densidad Poblacional |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Ñampi Blanco | <i>Pratylenchus</i> spp. | 168,520 |
| Diamante y Seda | <i>Scutellonema</i> spp. | 145,000 |
| Seda | <i>Scutellonema</i> spp. | 130,440 |
| Ñampi Blanco y Morado | <i>Pratylenchus</i> spp. | 46,640 |
| | <i>Scutellonema</i> spp. | 14,040 |
| Baboso | <i>Pratylenchus</i> spp. | P 44,800 |
| | <i>Scutellonema</i> spp. | S 9,000 |

En las muestras colectadas en la provincia de Darién, se determinaron dos géneros de fitonematodos, *Scutellonema* y *Pratylenchus* (Cuadro 6), asociados a diferentes variedades de tubérculos de ñame. En los sistemas de asociación de las variedades Diamante y Paleta, la densidad poblacional fue la más alta con 90,960 nematodos del género *Scutellonema* por 100 g de tubérculos, mientras que las variedades Diamante y Paleta presentaron una densidad poblacional de 80,800 y 80,720 nematodos del género

Scutellonema por 100 g de tubérculos, respectivamente. Las variedades de ñampi Blanco y Morado, presentaron la densidad poblacional más alta del género *Pratylenchus* con 88,920 nematodos por 100 g de tubérculos. En el caso de las variedades Diamante y Culebro, en ambos casos, presentaron una densidad poblacional de 22,920 nematodos del género *Pratylenchus* por 100 g de tubérculos y las variedades de Paleta y Baboso presentaron una densidad poblacional de 17,080 y 15,560 nematodos del género *Pratylenchus* por 100 g de tubérculos, respectivamente. La infección mixta de los géneros *Pratylenchus* y *Scutellonema*, se encontró en la variedad Diamante, con una densidad poblacional de nematodos del género *Pratylenchus* con 50,400 y *Scutellonema* con 15,880 nematodos por 100 g de tubérculos, respectivamente.

Cuadro 6. Densidad poblacional de fitonematodos del género *Pratylenchus* y *Scutellonema* en diferentes variedades de ñame, ñampi y asociaciones, en la provincia de Darién.

| Variedad | Patógenos | Densidad Poblacional |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Diamante, Paleta y Baboso | <i>Scutellonema</i> spp. | 90,960 |
| Diamante | <i>Scutellonema</i> spp. | 80,800 |
| Paleta | <i>Scutellonema</i> spp. | 80,720 |
| Ñampi Blanco y Morado | <i>Pratylenchus</i> spp. | 88,920 |
| Diamante | <i>Pratylenchus</i> spp. | 22,920 |
| Culebro | <i>Pratylenchus</i> spp. | 22,920 |
| Paleta | <i>Pratylenchus</i> spp. | 17,080 |
| Baboso | <i>Pratylenchus</i> spp. | 15,560 |
| Diamante | <i>Pratylenchus</i> spp. | 50,400 |
| | <i>Scutellonema</i> spp. | 15,880 |

En todas las infecciones mixtas, tanto en la provincia de Chiriquí como en la provincia de Darién, las densidades poblacionales del género *Pratylenchus* fueron mayores que las del género *Scutellonema*.

IV.D. Análisis morfológico

Scutellonema

El género *Scutellonema* se identificó por las siguientes características morfológicas: los espécimen presentaban cabeza separada del cuerpo, estilete robusto con nódulos redondeados, poro excretor a nivel de la terminación de la glándula esofágica, región labial con 8 anillos, bulbo medio bien desarrollado, glándula esofágica con proyección dorsal (Figura 10, 1-3), glándulas vaginales presentes, vulva ubicada casi a la mitad del cuerpo entre el 56-57 %, escutelo presente al final de la cola en las hembras y, después de la espícula en los machos, se observaron cuatro incisuras longitudinales, bursa que va hasta el final de la cola (Peloderan), espícula bien desarrollada y cola redondeada en las hembras y conoide con proyección ventral en los machos (Figura 11, 1-4).



Figura 10. Morfología de *Scutellonema* spp. 1: Espécimen hembra completo, 2: Cabeza separada del cuerpo y estilete robusto con nódulos redondeados, 3: Glándula esofágica con proyección dorsal.

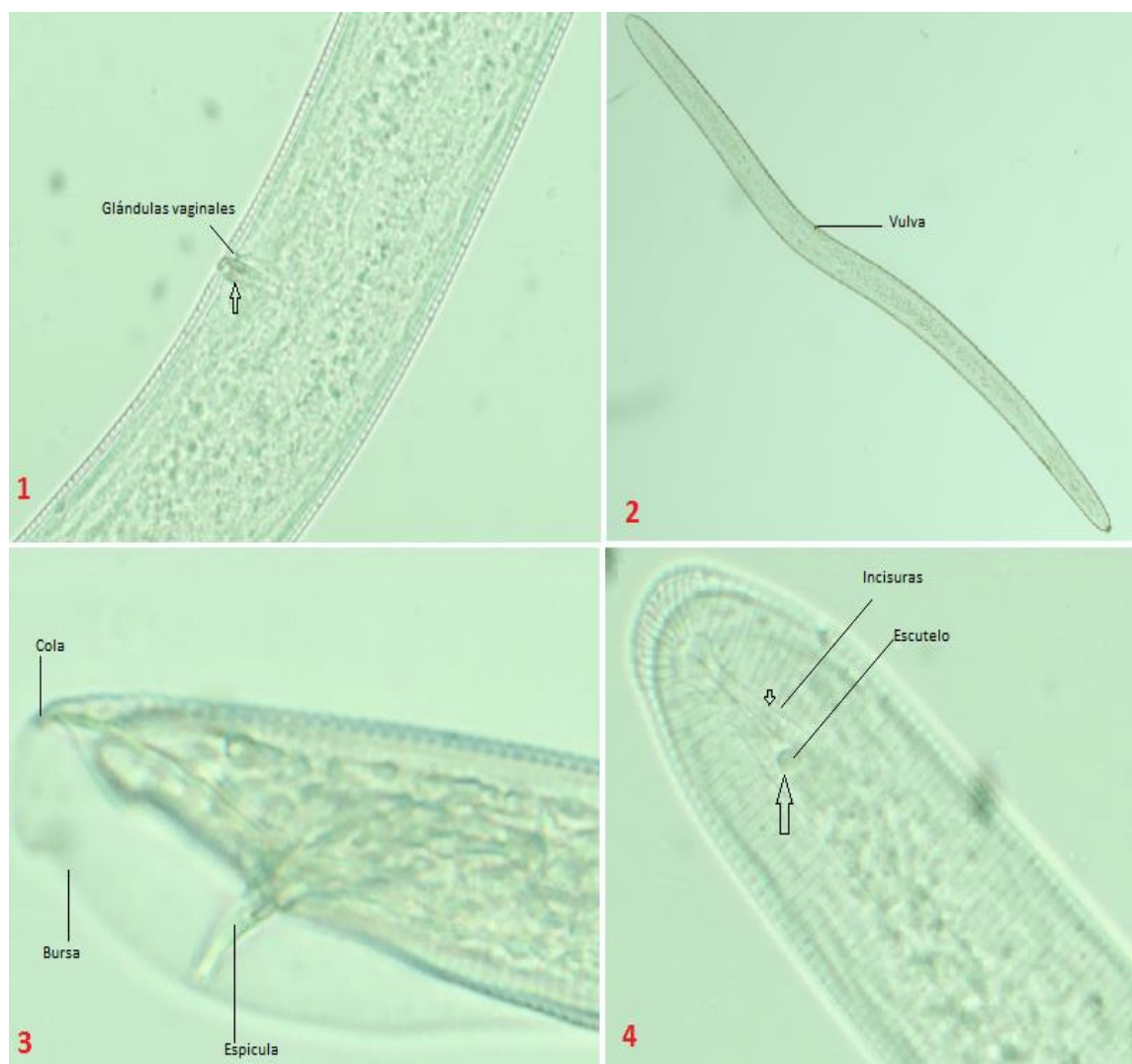


Figura 11. Machos y hembras de *Scutellonema* spp. 1: Glándulas vaginales, 2: Vulva entre el 56-57 %, 3: Terminación de la cola del macho, bursa y espícula, 4: Terminación de la cola de la hembra, escutelo e incisuras.

Pratylenchus

El género *Pratylenchus* se identificó por las siguientes características morfológicas: nematodos pequeños con menos de 1 mm de largo, región de la cabeza aplanada, cabeza esclerotizada no separada del cuerpo, región del labio redondeada con dos anillos, estilete corto con nódulos redondeados, bulbo medio bien desarrollado, glándula esofágica con proyección ventral (Figura, 12 1-3), posición de la vulva ($v = 80.5\%$), saco post uterino corto, espermateca ovalada bien formada, machos con cola cónica con bursa que alcanza hasta el final de la cola (Peloderan), presencia de muchos especímenes machos (Figura 13, 1-2).



Figura 12. Hembra de *Pratylenchus* spp. 1: Especimen con menos de 1 mm, 2: Cabeza aplanada, estilete y anillos labiales, 3: Cabeza esclerotizada, nódulos redondeados, bulbo medio y glándula esofágica.

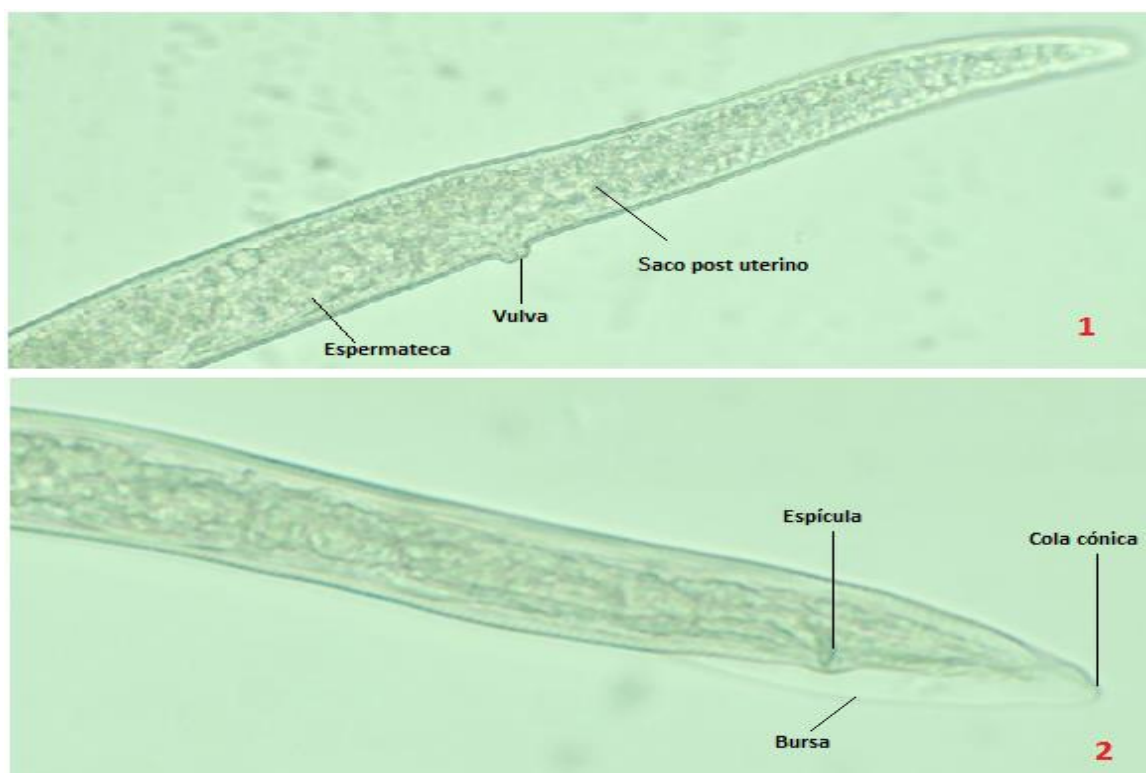


Figura 13. Hembra y macho de *Pratylenchus* spp. 1: Vulva, espermateca y saco post uterino, 2: Cola cónica, espícula y bursa.

IV.E. Análisis morfométrico

Scutellonema

Hembras

Los caracteres morfométricos evaluados para los especímenes hembras en las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién fue la longitud del nematodo, índice \underline{a} , índice \underline{b} , índice \underline{c} , índice $\underline{c'}$, posición de la vulva, y longitud del estilete (Cuadro 4).

La longitud del cuerpo de los nematodos en Herrera fue de 0.99 mm, en Chiriquí de 0.97 mm y en Darién de 0.98 mm; el carácter índice \underline{a} fue de 33.40 mm para la provincia de Herrera, 33.15 mm para Chiriquí, y 31.86 mm para Darién; el índice \underline{b} en Herrera fue 6.09 mm, en Chiriquí fue 5.68 mm, y en Darién de 5.65 mm; el índice \underline{c} en la provincia de Herrera fue de 30.86 mm, en Chiriquí fue de 30.97 mm, y en Darién de 27.38 mm; el índice $\underline{c'}$ para la provincia de Herrera fue de 0.79 mm, en la provincia de Darién fue de 0.80 mm, y en la provincia de Chiriquí de 0.77 mm; la posición de la vulva en la

provincia de Herrera y Chiriquí fue de 56.62 %, y en la provincia de Darién de 56.44 %; la longitud del estilete en Herrera fue de 29.07 μm , en Chiriquí de 28.01 μm , y en Darién fue de 30.93 μm .

Cuadro 7. Caracteres morfométricos de tres poblaciones de *S. bradys* hembras, procedentes de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién.

| | Poblaciones | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Caracteres | Herrera (R3) | Chiriquí (R1) | Darién (R10) |
| Longitud del cuerpo | 0.99 (0.92-1.12) | 0.97 (0.85-1.10) | 0.98 (0.84-1.08) |
| Índice a | 33.40 (30.31-37.59) | 33.15 (29.31-35.67) | 31.86 (30.00-34.84) |
| Índice b | 6.09 (5.11-7.08) | 5.68 (5.00-6.40) | 5.65 (5.28-6.44) |
| Índice c | 30.86 (27.91-39.30) | 30.97 (25.91-37.01) | 27.38 (24.93-30.59) |
| Índice c' | 0.79 (0.73-0.92) | 0.80 (0.69-0.94) | 0.77 (0.69-0.82) |
| Vulva | 56.62 (52.17-59.41) | 56.62 (53.19-60.20) | 56.44 (52.69-58.95) |
| Estilete | 29.07 (27.04-31.74) | 28.01 (24.74-32.30) | 30.93 (28.95-34.87) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete que está en μm y la vulva que está en %.

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y valor mínimo-valor máximo. Datos en base a 20 hembras por población.

Machos

Los caracteres morfométricos evaluados para los especímenes machos en las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién fue la longitud del nematodo, índice a, índice b, índice c, índice c', longitud del estilete y la longitud de la espícula (Cuadro 5).

El carácter longitud del cuerpo en la provincia de Herrera fue de 0.86 mm, en Chiriquí 0.85 mm, en Darién 0.89 mm; el carácter índice a para la provincia de Herrera fue de 29.15 mm, en Chiriquí 27.14 mm, en Darién 28.79 mm; el carácter índice b para la provincia de Darién fue de 5.25 mm, para la provincia de Chiriquí de 5.38 mm y la provincia de Herrera de 5.64 mm; el carácter índice c para la provincia de Herrera fue de 30.92 mm, la provincia de Darién de 31.10 mm y la provincia de Chiriquí 32.12 mm; el carácter índice c' para la provincia de Chiriquí fue de 1.44 mm, las provincias de Darién y Herrera con un 1.41 mm y 1.45 mm respectivamente; la longitud del estilete para la provincia de Darién fue de 26.62 μm , la provincia de Herrera fue de 26.13 μm y la provincia de Chiriquí fue de 26.94 μm ; y la longitud de la espícula para la provincia de Darién fue de 32.87 μm , seguido por Herrera con un 30.91 μm y finalmente Chiriquí con un 29.65 μm .

Cuadro 8. Caracteres morfométricos de tres poblaciones de *S. bradys* machos, procedentes de las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién

| | Poblaciones | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Caracteres | Herrera (R3) | Chiriquí (R1) | Darién (R10) |
| Longitud del cuerpo | 0.86 (0.76-1.00) | 0.85 (0.75-0.95) | 0.89 (0.81-0.97) |
| Índice a | 29.15 (26.63-31.67) | 27.14 (25.00-29.27) | 28.79 (27.48-30.10) |
| Índice b | 5.64 (4.71-6.36) | 5.38 (4.94-6.07) | 5.25 (4.94-5.47) |
| Índice c | 30.92 27.35-34.48 | 32.12 28.87-35.36 | 31.10 (29.03-33.17) |
| Índice c' | 1.45 (1.26-1.64) | 1.44 (1.33-1.55) | 1.41 (1.19-1.63) |
| Estilete | 26.13 (25.82-28.11) | 26.94 (23.14-32.34) | 26.62 (25.09-28.15) |
| Espícula | 30.91 (27.47-34.83) | 29.65 (23.90-41.94) | 32.87 (29.42-34.62) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete y espícula que están en μm .

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y valor mínimo-valor máximo. Datos en base a 20 machos por población.

Pratylenchus

Hembras

Los caracteres morfométricos evaluados en las provincias de Chiriquí y Darién fue la longitud del nematodo, índice a, índice b, índice c, posición de la vulva y longitud del estilete (Cuadro 6).

La longitud del cuerpo en la provincia de Chiriquí fue de 0.60 mm y en la provincia de Darién fue de 0.63 mm; el carácter índice a en la provincia de Chiriquí fue de 26.88 mm y en la provincia de Darién fue de 25.05 mm; el carácter del índice b en la provincia de Chiriquí fue de 5.56 mm y en la provincia de Darién fue de 6.38 mm; el carácter índice c en la provincia de Chiriquí fue de 19.39 mm y en la provincia de Darién fue de 17.06 mm; la posición de la vulva en la provincia de Chiriquí fue de 79.38 % y en la provincia de Darién fue de 81.51 %; y la longitud del estilete en la provincia de Chiriquí fue de 15.62 μm y en la provincia de Darién fue de 17.09 μm .

Cuadro 9. Caracteres morfométricos de dos poblaciones de *P. coffeae* hembras, procedentes de las provincias de Chiriquí y Darién.

| | Poblaciones | |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Caracteres | Chiriquí (R1) | Darién (R10) |
| Longitud del cuerpo | 0.60 (0.48-0.70) | 0.63 (0.58-0.68) |
| Índice a | 26.88 (22.78-31.63) | 25.05 (22.96-26.25) |
| Índice b | 5.56 (4.53-7.00) | 6.38 (5.33-7.56) |
| Índice c | 19.39 (16.38-26.82) | 17.06 (16.01-21.19) |
| Vulva | 79.38 (69.49-86.21) | 81.51 (76.56-88.71) |
| Estilete | 15.62 (13.74-16.98) | 17.09 (16.21-17.95) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete que está en μm y la vulva que está en %.

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y (valor mínimo-valor máximo). Datos en base a 20 hembras por población.

Machos

Los caracteres morfométricos evaluados en las provincias de Chiriquí y Darién fue la longitud del nematodo, índice a, índice b, índice c, longitud del estilete y longitud de la espícula (Cuadro 7).

La longitud del cuerpo en la provincia de Chiriquí fue de 0.53 mm, en la provincia de Darién fue de 0.52 mm; el índice a en la provincia de Chiriquí fue de 28.07 mm, en la provincia de Darién fue de 28.58 mm; el carácter del índice b en la provincia de Chiriquí fue de 5.23 mm, en la provincia de Darién fue de 5.01 mm; el índice c en la provincia de Chiriquí fue de 16.42 mm, en la provincia de Darién fue de 17.4 mm; la longitud del

estilete en la provincia de Chiriquí fue de 13.78 μm , en la provincia de Darién 15.15 μm ; y la longitud de la espícula en la provincia de Chiriquí fue de 15.21 μm y en la provincia de Darién fue de 18.38 μm .

Cuadro 10. Caracteres morfométricos de dos poblaciones de *P. coffeae* machos, procedentes de las provincias de Chiriquí y Darién.

| | Poblaciones | |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Caracteres | Chiriquí (R1) | Darién (R10) |
| Longitud del cuerpo | 0.53 (0.47-0.59) | 0.52 (0.48-0.56) |
| Índice a | 28.07 (21.85-34.38) | 28.58 (26.00-34.38) |
| Índice b | 5.23 (4.08-6.05) | 5.01 (4.58-5.44) |
| Índice c | 16.42 (14.20-17.90) | 17.4 (16.17-23.48) |
| Estilete | 13.78 (11.3-15.09) | 15.15 (13.26-17.34) |
| Espícula | 15.21 (12.02-17.82) | 18.38 (14.89-19.23) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete y espícula que están en μm .

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y (valor mínimo-valor máximo). Datos en base a 20 machos por población.

V. DISCUSIÓN

Géneros de fitonematodos en ñame y ñampi en Panamá

En esta investigación se identificaron 11 géneros de nematodos fitoparásitos en suelo donde se cultiva ñame y ñampi en las principales regiones productoras de Panamá (Cuadro 2). Los géneros de mayor distribución en las tres provincias fueron *Xiphinema*, *Aphelenchus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema* y *Tylenchus*. En tubérculos, la cantidad de géneros se redujo a solo dos. Esta reducción se debe a la ausencia de fitonematodos ectoparásitos y semiendoparásitos dentro del ñame. En ambos tipos de muestra se identificaron fitonematodos de la familia Hoplolaimidae. Estos resultados son similares a los realizados en Nigeria por Adegbite *et al.* 2006, 2008), donde este autor reporta los mismos fitonematodos asociados a ñame.

En tubérculos, los géneros que se identificaron fueron *Scutellonema*, que está ampliamente distribuido en las provincias de Herrera, Chiriquí y Darién, y *Pratylenchus*, que solo se identificó en las provincias de Darién, donde está ampliamente distribuido, y de Chiriquí, en los distritos de David (poblados de San Francisco y Sabana Bonita), y Bugaba (poblado de Gómez Abajo).

El género *Meloidogyne* no se encontró en ninguna de las muestras procesadas en las tres provincias en estudio, por lo que se asume que no está presente en los suelos donde se cultiva ñame en Panamá.

Densidad poblacional

La densidad poblacional del género *Pratylenchus* en la provincia de Chiriquí fue la más alta con 168,520 especímenes, mientras que en Darién fue de 88,920 especímenes, extraídos de 100 gramos de ñampi blanco y asociación de cultivos de la ñampi de las variedades de ñampi blanco y morado. En el caso del género *Scutellonema* en la provincia de Herrera, la densidad poblacional fue de 160,000, en Chiriquí de 145,000 y en la provincia de Darién de 90,960 especímenes, extraídos de 100 gramos de ñame variedad Diamante, asociaciones de cultivos de la variedad Diamante y Seda, y asociación de cultivos de la variedad Diamante, Paleta y Baboso. Estos datos difieren de

resultados obtenidos en muestras de suelo, debido a que los tubérculos analizados, son provenientes de material que el productor utiliza como semilla para la próxima siembra, y los mismos se seleccionaron en un muestreo dirigido en base a los síntomas ocasionados por nematodos, según las descripciones publicadas en otros países productores de ñame (Bridge *et al.*, 2005; Humphreys-Pereira, 2010). Por tal motivo, la posibilidad de encontrar alguno de estos dos géneros de fitonematodos era amplia. Para el caso de *S. bradys* y *P. coffeae*, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Acosta y Ayala (1976), Bridge (1988) y Coyne *et al.*, (2006), donde estos autores manifiestan que dichos nematodos son los más importantes en ñame.

En el presente estudio, las poblaciones más altas de *S. bradys* en la provincia de Herrera se presentaron en el distrito de Santa María, con una población de 160,000 especímenes en 100 g de corteza de ñame variedad Diamante; en el distrito de David, en la provincia de Chiriquí, se presentó una población de 145,000 especímenes en 100 g de corteza de ñame en asociación de cultivos de la variedad Diamante y Seda, mientras que en el distrito de Chepigana, provincia de Darién, se observó una población de 90,960 especímenes en 100 g de corteza de ñame en asociación de cultivos de la variedad Diamante, Paleta y Baboso. Para el caso de *Pratylenchus*, la densidad poblacional más alta en la provincia de Chiriquí se presentó en el distrito de Bugaba, con una población de 168,520 especímenes en 100 g de corteza de ñampi blanco, mientras que en el distrito de Cemaco, provincia de Darién, se observó una población de 88,920 especímenes en 100 g de corteza de asociación de cultivos de la variedad ñampi blanco y morado. En todas las variedades donde se encontraron estas poblaciones, se observaron síntomas de pudrición seca y necrosis. Estas poblaciones fueron mayores a las encontradas por Coyne *et al.* (2006) en el Oeste de África y por Humphreys-Pereira (2010) en Costa Rica.

En este estudio, se encontró una infección de los géneros *Scutellonema* y *Pratylenchus*. Dos muestras que presentaron esta infección mixta procedían de Chiriquí; de igual forma, en una muestra de Darién también se observó esta infección mixta. En esta infección mixta se logró observar que la población del género *Pratylenchus* fue mayor a la del género *Scutellonema*. En el distrito de David, provincia de Chiriquí, en la variedad de ñampi blanco y morado, la población del género *Pratylenchus* fue de 46,640,

mientras que la del género *Scutellonema* fue de 14,040. En la variedad de ñame Baboso, la densidad poblacional del género *Pratylenchus* fue de 44,800, mientras que la del género *Scutellonema* fue de 9,000 especímenes por 100 gramos de corteza de tubérculos, respectivamente. En el distrito de Pinogana, en la provincia de Darién, en la variedad de ñame Diamante la densidad poblacional del género *Pratylenchus* fue de 50,400 y la del género *Scutellonema* fue de 15,880 especímenes por 100 gramos de corteza de tubérculos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Castagnone-Sereno y Kermarrec (1988) en las islas Francesas Caribeñas y por Humphreys-Pereira (2010) en Costa Rica.

Daños, introducción y dispersión en Panamá

Los daños de pudrición seca más severos se observaron en los centros de acopios donde se mantiene el ñame en almacenamiento. Otros países productores de este rubro toleran ciertos niveles de daño en el tubérculo, debido a que gran parte de la producción es para consumo interno. Sin embargo, en Panamá, específicamente en la provincia de Herrera, la mayor parte de la producción es destinada a la exportación, por lo que la calidad del producto es de gran importancia.

En las tres provincias se pudo observar que los tubérculos que son rechazados para la venta por pudrición seca, son utilizados por el productor como semilla vegetativa para el nuevo ciclo, lo que incrementa el inóculo en el campo o introduce el patógeno en otros campos de producción. Igualmente, se observó en la provincia de Chiriquí, donde existe un intercambio de semillas entre los productores del cordón fronterizo de Panamá y Costa Rica sin requisitos fitosanitarios, semillas que luego trasladan los productores a otras provincias, llevando consigo inóculo de estos fitonematodos. Se plantea esta como la posible hipótesis de la introducción y de la dispersión de *S. bradys* y *P. coffeae* en Panamá.

Determinación de las especies

Scutellonema bradys

Es el nematodo asociado comúnmente a la pudrición seca del ñame en los países productores de este rubro, por lo que es de gran importancia mencionar que se identifica por primera vez en Panamá, mediante morfología y morfometría.

Los caracteres morfológicos observados en los especímenes hembras y machos fueron: la glándula esofágica con proyección dorsal, bulbo medio bien desarrollado, cabeza separada del cuerpo, la presencia de 8 anillos labiales, vulva con glándulas vaginales, presencia de escutelo y cuatro incisuras longitudinales. Estas características morfológicas fueron similares a las descritas por Steiner y LeHew (1933), Germani *et al.* (1985) y Andrassy (1958), para la especie *S. bradys*.

Hembras

Los promedios de longitud del cuerpo, índice \underline{a} , índice \underline{b} , índice \underline{c} , índice $\underline{c'}$, vulva y estilete de especímenes procedentes de las provincias de Herrera (R3), Chiriquí (R1) y Darién (R10), se mantienen en el rango de los promedios reconocidos para la especie *S. bradys* (Cuadro 8) por Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani *et al.* (1985).

Cuadro 11. Comparación de caracteres morfométricos de tres poblaciones hembras de *S. bradys* de Panamá, con las descritas por Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani *et al.* (1985).

| Caracteres | Poblaciones | | | <i>S. bradys</i> (Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani <i>et al.</i> (1985). |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|
| | Herrera (R3) | Chiriquí (R1) | Darién (R10) | |
| Longitud del cuerpo | 0.99 (0.92-1.12) | 0.97 (0.85-1.10) | 0.98 (0.84-1.08) | 0.92 (0.85-1.07) |
| Índice a | 33.40 (30.31-37.59) | 33.15 (29.31-35.67) | 31.86 (30.00-34.84) | 31.14 (23.6-54.3) |
| Índice b | 6.09 (5.11-7.08) | 5.68 (5.00-6.40) | 5.65 (5.28-6.44) | 5.8 (5.2-6.7) |
| Índice c | 30.86 (27.91-39.30) | 30.97 (25.91-37.01) | 27.38 (24.93-30.59) | 33.8 (25.3-41.7) |
| Índice c' | 0.79 (0.73-0.92) | 0.80 (0.69-0.94) | 0.77 (0.69-0.82) | 0.95 (0.7-1.3) |
| Vulva | 56.62 (52.17-59.41) | 56.62 (53.19-60.20) | 56.44 (52.69-58.95) | 56.5 (52.6-59.8) |
| Estilete | 29.07 (27.04-31.74) | 28.01 (24.74-32.30) | 30.93 (28.95-34.87) | 27.9 (26-29.5) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete que está en μm y la vulva que está en %.

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y valor mínimo-valor máximo). Datos en base a 20 hembras por población.

Machos

Todos los caracteres evaluados como la longitud del cuerpo, índice a, índice b, índice c, índice c', vulva y estilete de las provincias de Herrera (R3), Chiriquí (R1) y Darién (R10), concuerdan con los rangos reconocidos internacionalmente para la especie de *S. bradys* (Cuadro 9) por Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani *et al.* (1985).

Cuadro 12. Comparación de caracteres morfométricos de tres poblaciones machos de *S. bradys* de Panamá, con las descritas por Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani *et al.* (1985).

| | Poblaciones | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| Caracteres | Herrera (R3) | Chiriquí (R1) | Darién (R10) | <i>S. bradys</i> Steiner y LeHew (1933), Andrassy (1958) y Germani <i>et al.</i> (1985). |
| Longitud del cuerpo | 0.86 (0.76-1.00) | 0.85 (0.75-0.95) | 0.89 (0.81-0.97) | 0.88 (0.66-0.96) |
| Índice a | 29.15 (26.63-31.67) | 27.14 (25.00-29.27) | 28.79 (27.48-30.10) | 27.5 (23.6-33) |
| Índice b | 5.64 (4.71-6.36) | 5.38 (4.94-6.07) | 5.25 (4.94-5.47) | 5.20 (4.1-6.8) |
| Índice c | 30.92 27.35-34.48 | 32.12 28.87-35.36 | 31.10 (29.03-33.17) | 30.5 (26.5-39.6) |
| Índice c' | 1.45 (1.26-1.64) | 1.44 (1.33-1.55) | 1.41 (1.19-1.63) | 1.43 (1.14-1.65) |
| Estilete | 26.13 (25.82-28.11) | 26.94 (23.14-32.34) | 26.62 (25.09-28.15) | 26.5 (25-28) |
| Espícula | 30.91 (27.47-34.83) | 29.65 (23.90-41.94) | 32.87 (29.42-34.62) | 32.5 (27.5-35.5) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete y espícula que están en μm .

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y valor mínimo-valor máximo. Datos en base a 20 machos por población.

Pratylenchus coffeae

Las características morfológicas fueron similares a las características del género como lo son: la presencia de machos, estilete corto con nódulos redondeado, glándula esofágica con proyección ventral y otras características similares a la especie *P. coffeae*, entre ellas, espermateca ovalada bien formada, dos anillos labiales, saco postvulvar corto (Hando y Golden, 1989).

Hembras

Los caracteres de longitud del cuerpo, índice a, índice b, índice c, índice c', vulva y estilete de las provincias de Chiriquí (R1) y Darién (R10) se mantienen en el rango de los promedios reconocidos para la especie *P. coffeae* (Cuadro 10) por Filipjev y Schuurmans Stekhoven (1941) y Zimmerman (1898).

Cuadro 13. Comparación de caracteres morfométricos de dos poblaciones hembras de *P. coffeae* de Panamá, con los descrita por Zimmerman (1898) y Filipjev y Schuurmans Stekhoven (1941).

| | Poblaciones | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|---|
| Caracteres | Chiriquí (R1) | Darién (R10) | <i>P. coffeae</i> Zimmerman (1898) y Filipjev y Schuurmans Stekhoven (1941) |
| Longitud del cuerpo | 0.60 (0.48-0.70) | 0.63 (0.58-0.68) | 0.53 (0.37-0.69) |
| Índice a | 26.88 (22.78-31.63) | 25.05 (22.96-26.25) | 23.7 (17.7-30.5) |
| Índice b | 5.56 (4.53-7.00) | 6.38 (5.33-7.56) | 6.8 (5.0-7.8) |
| Índice c | 19.39 (16.38-26.82) | 17.06 (16.01-21.19) | 19.0 (13.7-23.9) |
| Vulva | 79.38 (69.49-86.21) | 81.51 (76.56-88.71) | 84.2 (75.8-84.2) |
| Estilete | 15.62 (13.74-16.98) | 17.09 (16.21-17.95) | 16.5 (15-18) |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete que está en μm y la vulva que está en %.

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y valor mínimo-valor máximo. Datos en base a 20 hembras por población.

Machos

Los caracteres de longitud del cuerpo, índice a, índice b, índice c, índice c', vulva y estilete de las provincias de Chiriquí (R1) y Darién (R10) están dentro de las reconocidas internacionalmente para la especie *P. coffeae* (Cuadro 11) por Sher y Allen (1953).

Cuadro 14. Comparación de caracteres morfométricos de dos poblaciones machos de *P. coffeae* de Panamá, con las descrita por Sher y Allen (1953).

| | Poblaciones | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Caracteres | Chiriquí (R1) | Darién (R10) | <i>P. coffeae</i> Sher y Allen (1953) |
| Longitud del cuerpo | 0.53 (0.47-0.59) | 0.52 (0.48-0.56) | 0.48 (0.41-0.56) |
| Índice a | 28.07 (21.85-34.38) | 28.58 (26.00-34.38) | 27.4 (23.8-31.4) |
| Índice b | 5.23 (4.08-6.05) | 5.01 (4.58-5.44) | 6.5 (5.9-7.7) |
| Índice c | 16.42 (14.20-17.90) | 17.4 (16.17-23.48) | 19.1 (17.6-23.3) |
| Estilete | 13.78 (11.3-15.09) | 15.15 (13.26-17.34) | 15.5 (14-17) |
| Espícula | 15.21 (12.02-17.82) | 18.38 (14.89-19.23) | - |

Todas las medidas se encuentran en mm, a excepción del estilete, espícula, y la cola que están en μm y la vulva que está en %.

Las mediciones se presentan en el siguiente orden: promedio y (valor mínimo-valor máximo). Datos en base a 20 machos por población.

VI. CONCLUSIONES

- Los géneros de fitonematodos endoparásitos más frecuentes y de mayor densidad poblacional asociados en tubérculos de ñame y ñampi en Panamá son *Scutellonema* y *Pratylenchus*.
- Las técnicas morfológicas y morfométricas permitieron identificar por primera vez las especies de *S. bradys* y *P. coffeae* asociados al cultivo de ñame y ñampi en Panamá.
- *Scutellonema bradys* y *P. coffeae* fueron encontrados en infección mixta en tubérculos de ñame y ñampi.
- En la infección mixta la población de *P. coffeae* fue superior a la de *S. bradys*.
- Mediante identificación morfológica y morfométrica, se descarta la presencia de otras especies de fitonematodos de importancia cuarentenaria para Panamá.

VII. RECOMENDACIONES

- En base a las observaciones de campo, durante las visitas realizadas a los productores, se observó que el material que utilizan para semilla, presenta lesiones visibles asociadas a fitonematodos, por lo que se recomienda realizar campañas de capacitación a los productores para la selección de la semilla y evitar que se propaguen los fitonematodos a diferentes áreas de producción.
- Fortalecer los programas de vigilancia en el cordón fronterizo con la República de Costa Rica para evitar la introducción de semilla contaminada, con la finalidad de reducir el riesgo de introducción y diseminación de fitonematodos.
- Uso de pruebas moleculares que permitan una identificación precisa de los fitonematodos, en diferentes etapas de su ciclo de vida. Estas pruebas podrían usarse en estudios epidemiológicos en Panamá, así como también para identificar fitonematodos en muestras que ingresen de otros países al territorio nacional.

VIII. LITERATURA CITADA

Acosta, N. 1974. Depth of penetration of phytoparasitic nematodes in yam tubers. *Nematropica*, 4, 7-11.

Acosta, N. y Ayala, A. 1975. Pathogenicity of *Pratylenchus coffeae*, *Scutellonema bradys*, *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on *Dioscorea rotundata*. *Journal of Nematology*, 7, 1-6.

Acosta, N. y Ayala, A. 1976. Hot water and chemical dips for nematode control in tubers of *Dioscorea rotundata*. *Journal of agriculture of the University of Puerto Rico* 60, 395-402.

Adegbite, A., Saka, J., Agbaje, G. y Osuloye, F. 2008. Survey of plant-parasitic nematodes associated with yams in Ogun and Osun states of Nigeria. *Journal of Plant Protection Research* 48(4): 421-428.

Adegbite, A., Saka, J., Agbaje, G., Owolade, O., Olaifa, G., Lawal, A. y Ojo, S. 2006. Survey of plant-parasitic nematodes associated with yams in Edo, Ekiti and Oyo states of Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*. 1(4): 125-130.

Adeniji, M. 1970. Fungi associated with storage decay of yams in Nigeria. *Phytopathology* 60(4):590-592.

Adesiyun, S., Odihrin, R. y Adeniji, M. 1975. Economic losses caused by the yam nematode, *Scutellonema bradys*, in Nigeria. *Plant diseases reporter* 59(6): 477-480.

Andrássy, I. 1958. *Hoplolaimus tylenchiformis* Daday, 1905 (syn. *H. coronatus* Cobb, 1923) und die Gattungen der Unterfamilie Hoplolaiminae Filipjev, 1936., *Nematologica* 3: 44-56.

Atu, U., Odurukwe, S. y Ogbuji, R. 1983. Root-knot nematode damage to *Dioscorea rotundata*. *Plant Disease* 67(7): 814-815.

Atu, U., Okoli, O. y Ogbuji, R. 1984. Reactions of yams (*Dioscorea* spp.) to *Meloidogyne incognita* race 2. International Nematology Network Newsletter 1, 10–12.

Ayala, A. y Acosta, N. 1971. Observations on yam (*Dioscorea alata*) nematodes. Nematropica 1 (2): 39-40.

Baimey, H., Coyne, D. y Labuschagne, N. 2009. Pathogenicity of *Scutellonema bradys* populations from different geographical areas in Benin on yam (*Dioscorea* spp.). Crop Protection 28(9): 715-721.

Bridge, J. 1972. Nematode problems with yams (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. PANS, 1, 89-91.

Bridge, J. 1973. Nematodes as pest of yams in Nigeria. Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Gent 38:841-852.

Bridge, J. 1988. Plant-parasitic nematode problems in the Pacific Islands. Journal of Nematology 20(2):173-183.

Bridge, J. y Page, S. 1984. Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics*, 1, 99-109.

Bridge, J., Coyne, D. y Kwoseh, C. K. 2005. Nematodes parasites on root and tuber crops. In: *plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (pp. 221-258). Second Edition. Luc, M., Sikora, R.A. & Bridge, J., eds. CAB International. Wallingford, UK.

Bridge, J., Price, N.S. y Kofi, P. 1995. Plant parasitic nematodes of plantain and other crops in Cameroon, West Africa. Fundamental and Applied Nematology, 18(3):251-260; 45 ref.

Brzeski, W. M. 1991. Review of the genus *Ditylenchus* Filipjev, 1936 (Nematoda: Anguinidae). *Revue Nématol.* 14(1), 9-59.

- Cadet, P. y Quénchervé, P.** 1994. Fluctuations naturelles de *Scutellonema bradys* (Nematoda: Hoplolaimidae) au cours de la croissance et du stockage de l'igname (*Dioscorea alata*) à la Martinique. *Nematologica*, 40, 587-600. ISSN 0028-2596.
- Castagnone-Sereno, P. y Kermarrec, A.** 1988. Association between *Pratylenchus coffeae* and *Scutellonema bradys* in yam tubers under agronomic conditions in the French West Indies. *Nematropica* 18(2):155-157.
- Caveness, F. E.** 1974. *A glossary of Nematological terms*. International Institute of Tropical Agriculture. Nigeria.
- Caveness, F. E.** 1992. Nematological Research at IITA 1969-1988: (A summary of investigations). p. 52. In: Plant health management research monograph 2. Lowe, J., ed. Ibadan, Nigeria.
- Caveness, F. E. y Jensen, H.** 1955. Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proc. Helm. Soc. Wash* 22: 87-89.
- Chen, D., Chen, R., Yen, J., Tsay, T. y Ni, H.** 2006. Species of spiral nematode and lance nematode (Nematoda: Hoplolaiminae) identified in Taiwan and Kinmen. *Plant Pathology Bulletin* 15, 25-38.
- Coimbra, J.L., Almeida, Nsde., Garrido, Mda S., Soares, A.C.F., Sousa, Cda S. y Carmo, Dodo.** 2006. Plant parasitic nematodes associated with exotic and native fruit trees in the Reconcavo Region of the State of Bahia, Brazil. (Nematóides fitoparasitos associados a fruteiras nativas e exóticas na região do Recôncavo da Bahia, Brasil.) *Magistra*, 18(1):48-51.
- Coyne, D. L., Kolombia, Y.A., Kariuki, G., Luambano, N. y Bert, W.** 2016. First report of dry rot disease of yam caused by *Scutellonema bradys* in East Africa. *Plant Disease*, 100(8):1794.

Coyne, D. L., Nicol, J. M. y Claudius-Cole, B. 2007. *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. Programa avanzado de manejo integrado de plagas (SPP-IPM), Instituto Internacional de Agricultura (IITA), Centro Internacional de Mejora del Maíz y Trigo (CIMMYT).

Coyne, D., Tchabi, A., Baimey, H., Labuschagne, N. y Rotita, I. 2006. Distribution and prevalence of nematodes (*Scutellonema bradys* and *Meloidogyne* spp.) on marketed yam (*Dioscorea* spp.) in West Africa. *Field crops research* 96:142-150.

De Man, J.G. 1876. Onderzoekingen over vrij in de aarde levende nematoden. *Tijdschr. Ned. Dierk.* Ver. 2: 78-196.

De Man, J.G. 1880. Die Eingheimischen, frei in der reinen erde und im süßen wasser lebends Nematoden. *Tijdschr. Ned. Dierk.* Ver. 5: 1-104.

Del Prado, I. C. V. 1995. *Clave de Nematodos del Orden Tylenchida Subordenes Tylenchina y Aphelenchina*. Programa de fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillo-México.

Del Prado, I. C. V. y Manzanilla, R. H. L. 1991. *Tabla de características morfológicas para identificar nematodos fitoparasitos*. Colegio de Postgraduados. México.

Emehute, J. K. U., Itokun, T., Nwauzor, E. C. y Nwokocha, H. N. 1998. Crop protection. In: *Food yams: Advances in Research at IITA and NRCRI* (pp. 141-186). Orkwor, G.C., Asiedu, R. & Ekanayake, I.J., eds. Nigeria.

Esbenshade, P., Triantaphyllou, A. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 22 (1): 10-15.

Ezeh, N. O. 1998. Economics of production and Post-Harvest Technology. In: *Food yam: Advances in Research at IITA and NRCRI* (pp. 187-214). Orkwor, G.C., Asiedu, R. & Ekanayake, I.J., eds. Nigeria.

Fawole, B. 1988. Histopathology of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) infection on white yam (*Dioscorea rotundata*) tubers. *Journal of Nematology* 20(1):23-28.

Filipjev, I. N. y Schuurmans Stekhoven, Jr. J. H. 1941. *A Manual of Agricultural Helminthology* E J Brill, Leiden.

Franco, F. 2012. Morfología externa e interna de nematodos. Colegio de postgraduados-Campus Montecillo – México.

Germani, G., Baldwin J. G., Bell A. H. y Wu X. Y. 1985. Revision of the genus *Scutellonema* Andrassy, 1958 (Nematoda: Tylenchida). *Revue Nématologie* 8(4), 289-320.

Hando, A. Z. y Golden, M. A. 1989. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion Nematodes). *Journal of Nematology*, Volume 21, No. 2, Abril 1989.

Hooper, D. J. 1986a. *Extraction of free-living stages of soil. In: Laboratory methods for work with plant and soil nematodes* (J.F. Southey). Ministry of Agriculture fisheries and Food. Reference Book 402. London: Her Majesty's Stationery Office.

Humphreys-Pereira, D. 2010. *Determinación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del ñame (Dioscorea spp.) y el yampí (Dioscorea trifida) en las regiones Huetar Atlántica, Huetar Norte y Brunca de Costa Rica*. Tesis de Maestría para la obtención del título de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Protección de Cultivos. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.

Humphreys-Pereira, D., Williamson, V. M., Lee, S., Coyne, D. L., Salazar, L. y Gomez-Alpizar, L. 2013. Molecular and morphological characterisation of *Scutellonema bradys* from yam in Costa Rica and development of specific primers for its detection. *Nematology* 00 (2013) 1-11.

Jacob, J. J., Van Bezooijen, J. 1984. *A manual for practical work in nematology*. 4. ed. Wageningen, Holland, Agricultural University, Department of Nematology.

Jaumot, M., Pinochet, J. y Fernández, C. 1997. Protein analysis of root-lesion nematodes using SDS-PAGE. *Nematropica* 27(1), 33-39.

Kermarrec, A. y Anais, A. 1973. Presencia en Guadalupe de *Aphelenchoides besseyi* Christie 1942 (Nematoda, Aphelenchoididae) en follaje del mapuey: *Dioscorea trifida* L. Turrialba 23(4): 389-393.

Lordello, A. I. L., Monteiro, A. R. y Lordello R. R. A. 2005. Occurrence of dry rot of yams at São Paulo State, in Brazil. (Ocorrência do nematóide da casca preta em inhame no Estado de São Paulo.) Revista de Agricultura (Piracicaba), 80(3):356-357.

Maggenti, A. 1981. *General Nematology*. Springer-Verlag, New York, U.S.A.

Mai, F. W.; Mullin, G. P.; Lyon, H. H. W.; Loeffler, K. 1996. *Plant – Parasitic nematodes a pictorial key to genera*. Cornell University Press/Ithaca and London. USA.

MIDA. 2016. Cierre agrícola 2014-2016. Cultivo de ñame. https://www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones_nacionales/direccion-de-agricultura/cierre-agr-cola-a-o-2014-al-2016.html.

MIDA. 2017. Cierre agrícola 2016-2017. Cultivo de ñame. https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/cierre_2016-2017_pdf.pdf.

Nadakal, A. M., Thomas, N. 1967. Observations of nematodes associated with dry rot of *Dioscorea alata* L. Science and Culture, 33:142-143.

Nickle, R. W. 1970. A taxonomic Review of the Genera of the Aphelenchoidea (Fuchs, 1937) Thorne, 1949 (Nematoda: Tylenchida). *Journal of Nematology*, Vol. 2, No. 4, October 1970. p 375-392.

- Park, S. D. y Khan, Z.** 2007. Occurrence of *Scutellonema* unum (Nematoda: Hoplolaimidae) on yam (*Dioscorea batatas* Decne) in Korea. *International Journal of Nematology*, 17(1): 91-93.
- Román, J. y Sosa-Moss, C.** 1977. Observaciones sobre la asociación de *Pratylenchus brachyurus* con la pudrición seca del barbasco *Dioscorea floribunda* en la región de México. *Nematropica* 7(1): 25-26.
- Sher, S. A.** 1964. Revision of the Hoplolaiminae (Nematoda). III. *Scutellonema* Andrassy, 1958. *Nematologica*, 9:421-433.
- Sher, S. A.; Allen, M. W.** 1953. Revision of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Tylenchidae). *University of California Publications in Zoology*, 57(6):441-470.
- Siddiqi, M. R.** 2000. Tylenchida. *Parasites of plants and Insects*. 2nded. CAB International, London.
- Smit, J. J.** 1967. *Nematodes*. (pp. 115-120). In: Yams. Coursey, D.G., ed. Longmans. London. U.K.
- Steiner, G.** 1931. A nematosis of yams caused by a new species of *Hoplolaimus*. *Plant Disease Reporter* 15:121.
- Steiner, G. y Buhrer, E.** 1934. Observations of interest on nematode diseases of plants. *Plant Disease Reporter* 18 (7):100.
- Steiner, G. y LeHew, R.** 1933. *Hoplolaimus bradys* n. spp. (Tylenchidae Nematodes), the cause of a disease of yam (*Dioscorea* spp.). *Zool. Anz., C.I.* (9/10):260-264.
- Thompson, A. K., Been, B. O. y Pekins, C.** 1973. Nematodes in stored yams. *Experimental Agriculture*, 9, 281-286.
- West, J.** 1934. Dry rot of yams. *Bulletin of the Imperial Institute, London*, 32 (3):448-450.

Zimmerman, A. W. P. 1898. De nematoden der koffie-wortels. *Deel. I. Meded. Lds. Pluin. Batavia* 27:1-64.

Zuckerman, B. M., Mai, W. F. y Harrison, M. B. 1985. *Fitonematología - manual de laboratorio*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica (CATIE).